

Licenciaturas em Biologia e LCS

Física para Biólogos

2017-2018

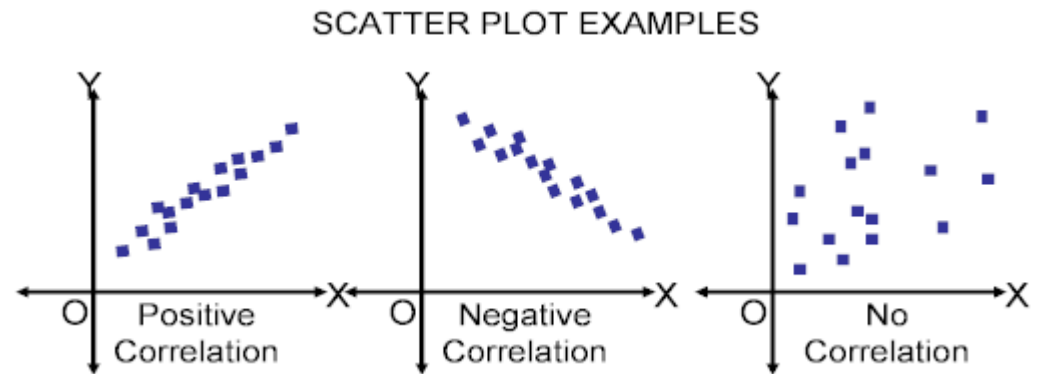
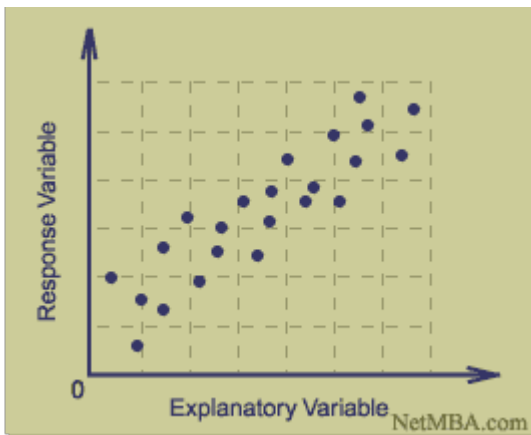
1- Física na Biologia

- Motivação
- Medidas, unidades e dimensões
- Representação gráfica de relações
- Ordens de grandeza
- Leis de escala

Estes slides contêm imagens retiradas da web, assim como conteúdos gráficos da referência
Light and Matter, B. Crowell, Open Education Consortium, Creative Commons 3.0.

1.3 Representação gráfica de relações

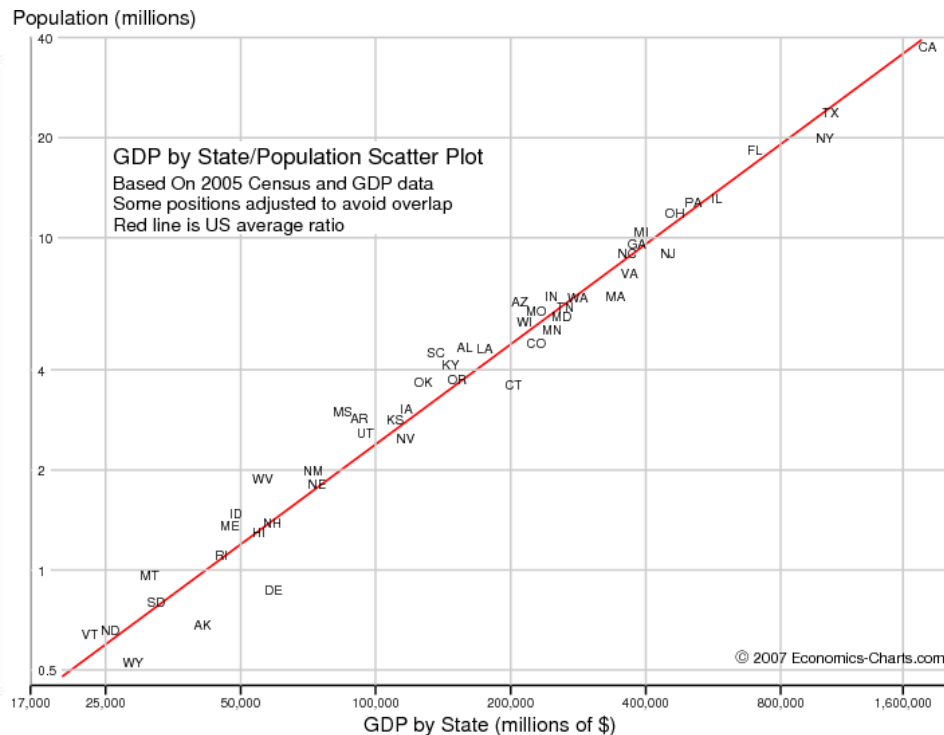
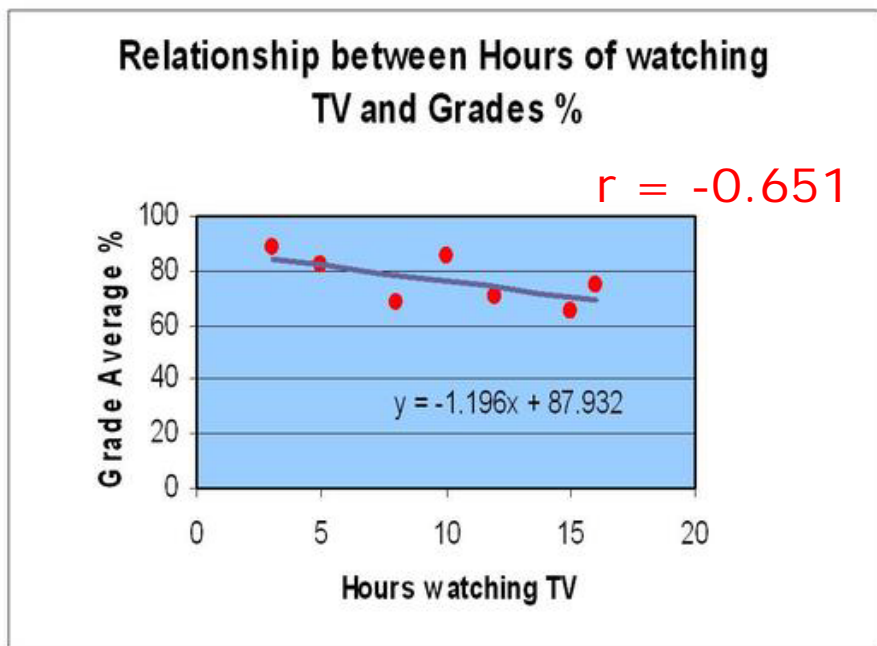
No tratamento estatístico de dados é comum usar scatterplots, que podem sugerir correlações positivas ou negativas entre as variáveis representadas



Uma forte correlação indica uma dependência simples (linear), na presença de algum ruído

1.3 Representação gráfica de relações

No tratamento estatístico de dados é comum usar scatterplots, que podem sugerir correlações positivas ou negativas entre as variáveis representadas

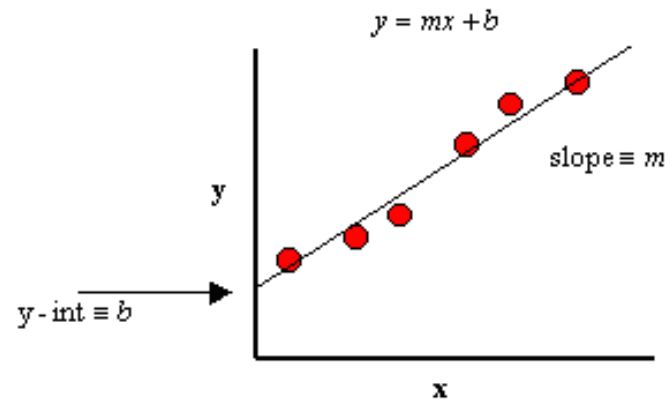
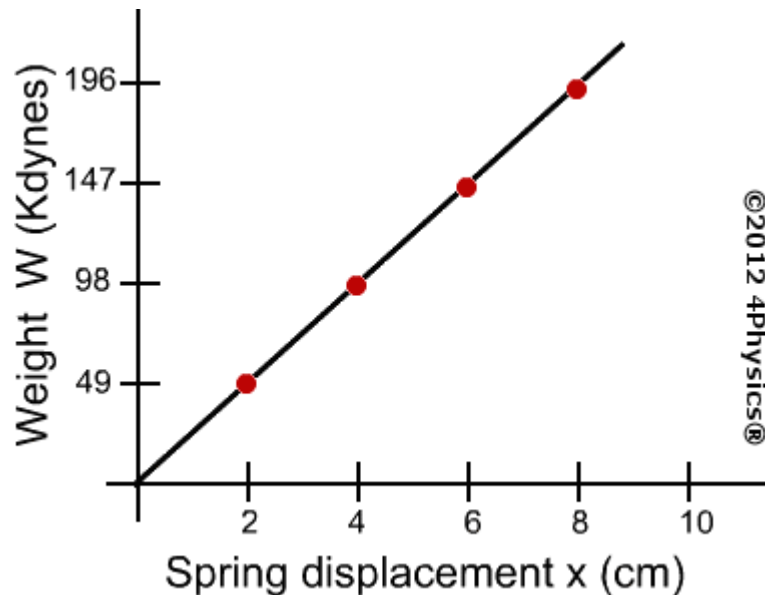


Uma forte correlação indica uma dependência simples (linear), na presença de algum ruído

1.3 Representação gráfica de relações

Muitas leis básicas da Física se expressam como relações lineares

Equação de uma recta: $y = m x + b$



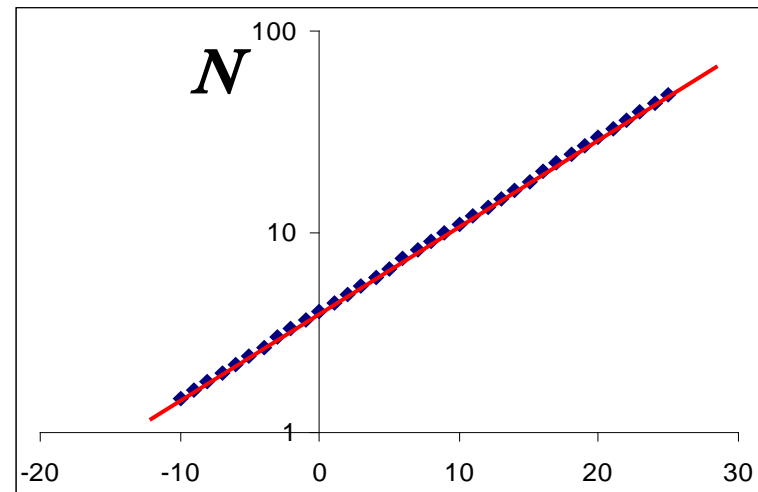
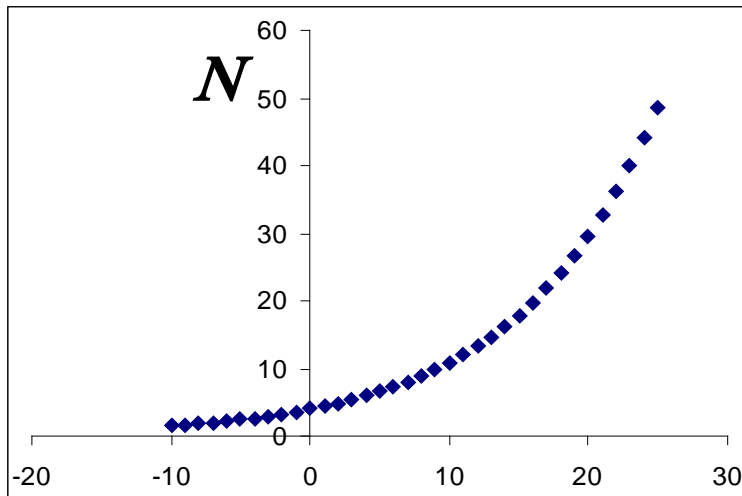
Medidas em sistemas reais apresentam pequenos desvios em relação à dependência linear exacta. Com várias medidas é possível determinar os parâmetros físicos m e b com bastante precisão.

1.3 Representação gráfica de relações

Mas há muitas leis simples que não são lineares; por exemplo, o decaimento radioactivo segue uma lei exponencial, e o modelo de Malthus para a evolução do tamanho de uma população também.

Como representar leis definidas por outras relações funcionais?

$$N(t) = N_0 e^{kt} \quad \xrightarrow[\substack{y = \log N \\ b = \log N_0}]{\quad} \quad y(t) = b + kt$$

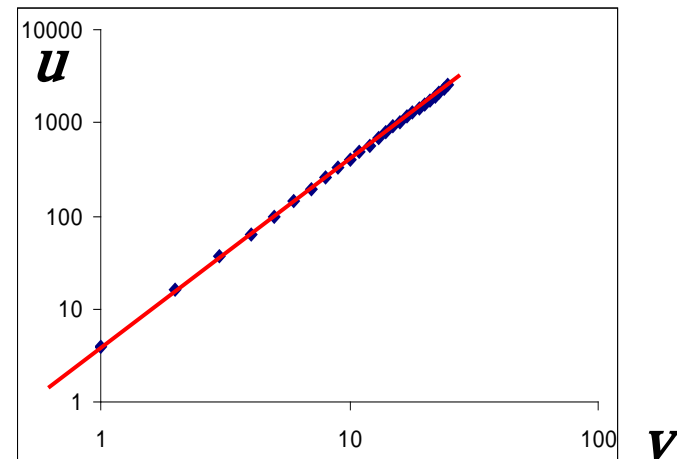
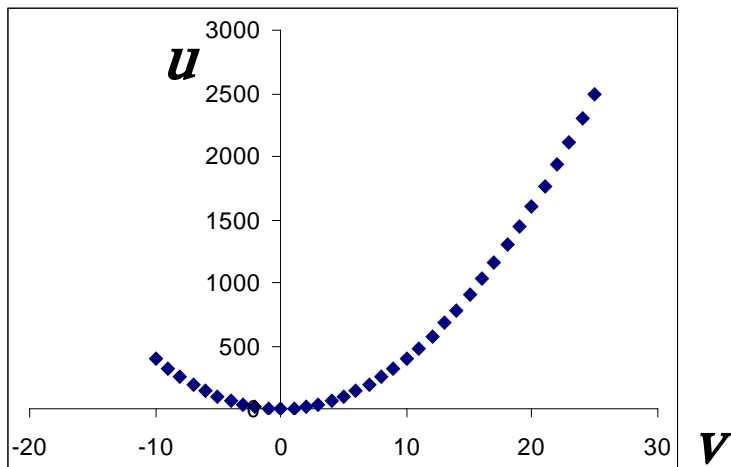


1.3 Representação gráfica de relações

São também importantes, em Física e não só, as leis de potência. A distribuição de intensidades de terremotos e a frequência de apelidos são dois exemplos de leis desta forma.

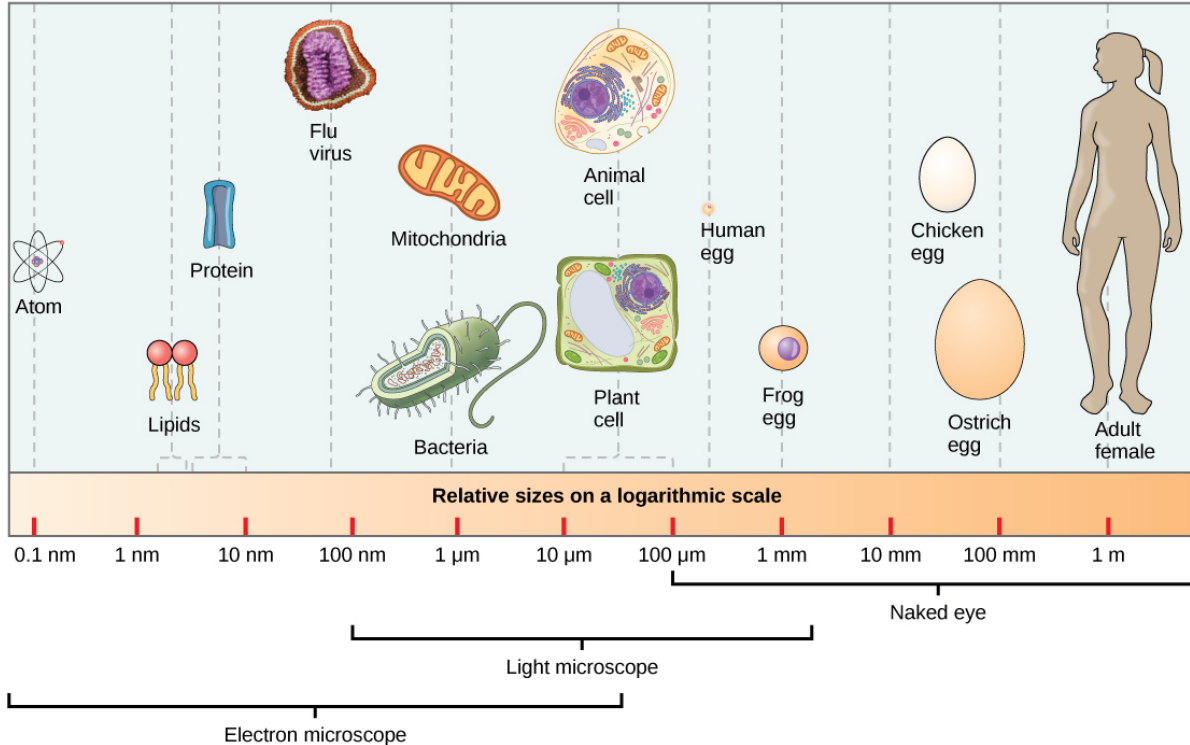
Como representar leis definidas por outras relações funcionais?

$$u(v) = a v^m \quad \xrightarrow{\substack{y = \log u, x = \log v \\ b = \log a}} \quad y(x) = m x + b$$



1.4 Ordens de grandeza

<http://philschatz.com/biology-book/contents/m44406.html>



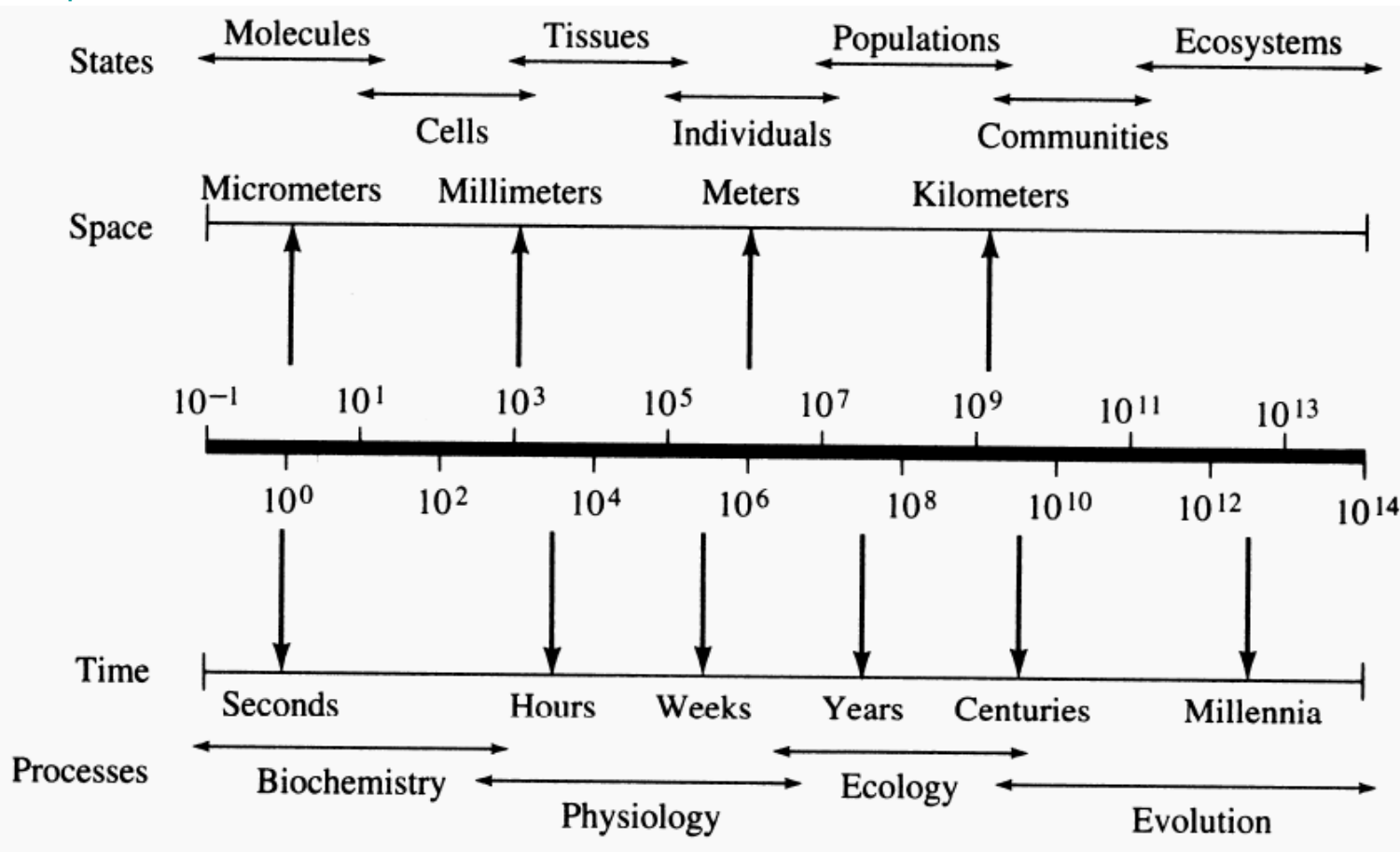
<http://learn.genetics.utah.edu/content/cells/scale/>

A biologia explora escalas muito diferentes...

1.4 Ordens de grandeza

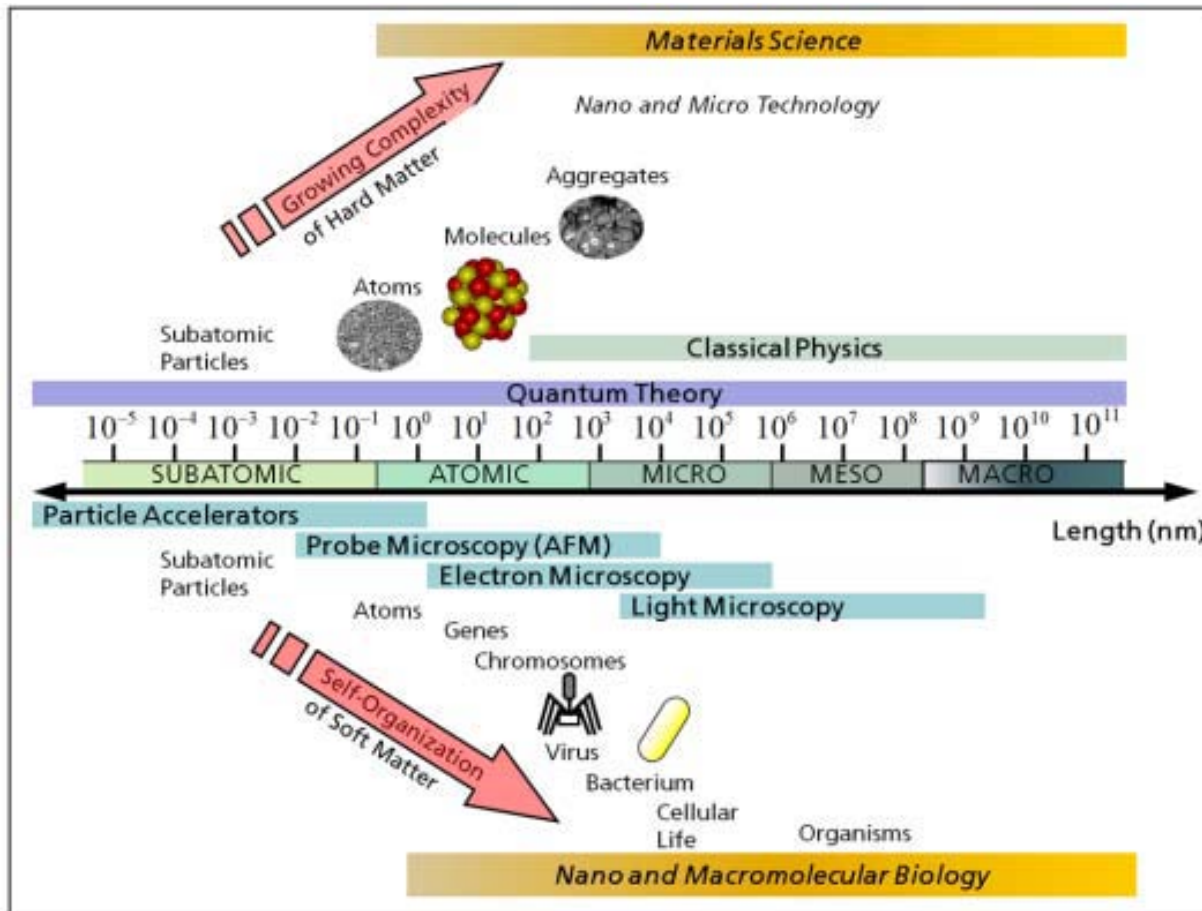
Pianka, Evolutionary Ecology, Cap 1

<http://www.zo.utexas.edu/courses/bio301/>



...tanto no espaço como no tempo.

1.4 Ordens de grandeza



M O Steinhauser & S Hiermaier,
Int. J. Mol. Sci. 2009, 10(12),
5135-5216;
doi: 10.3390/ijms10125135

A Física cobre todas essas escalas (e mais...) e níveis de organização, na teoria e na instrumentação

1.4 Ordens de grandeza

Quantos rebuçados há no pote? Qual deveria ser a massa do Amphicoelias?



É importante saber estimar a ordem de grandeza de uma determinada quantidade, antes de ou em alternativa a um cálculo mais preciso.

Quiz 9 – Ordens de grandeza

1. No pote há cerca de $10 \times 10 \times 10 = 10^3$ rebuçados
2. As dimensões do dinosauro são cerca de 10 m x 8 m x 3 m, e a sua densidade aproximadamente a da água, o que dá cerca de 200 toneladas.

1.5 Leis de escala

Será que existem leis que regem a comparação de fenômenos a diferentes escalas?

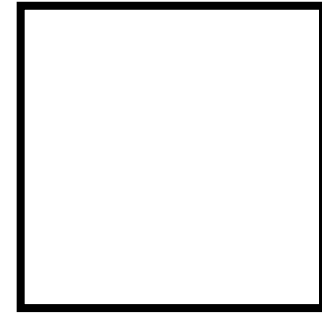
$$S = V^{2/3}$$

Tamanho ~ Massa ~ Volume ~ L^3

Superfície ~ (Tamanho) $^{2/3}$

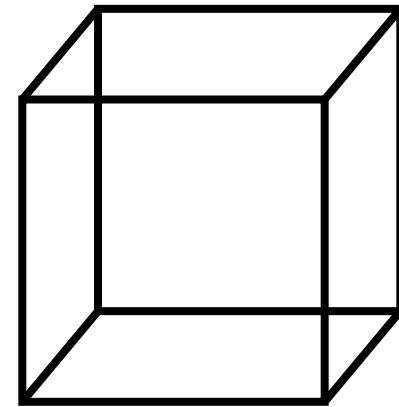
Força/Resistência ~ (Tamanho) $^{2/3}$

$$S = L^2$$



L

$$V = L^3$$



L

A geometria força leis de escala para propriedades simples de estruturas semelhantes

1.5 Leis de escala

Toma-se como medida do tamanho de um organismo o seu peso, ou a sua massa.

1. Superfície \sim (Tamanho)^{2/3}
2. Força \sim (Tamanho)^{2/3}
3. Complexidade \sim (Tamanho)^A
4. Abundância \sim (Tamanho)^B
5. Ritmo metabólico \sim (Tamanho)^{3/4}

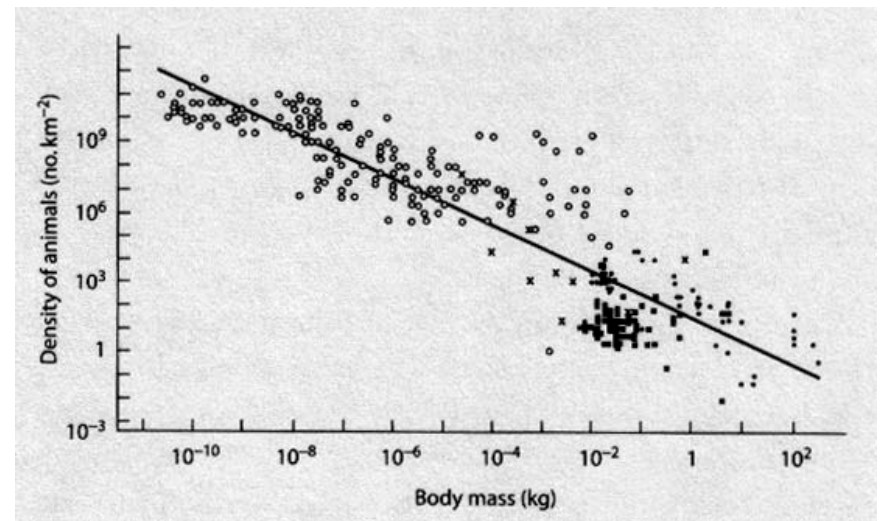
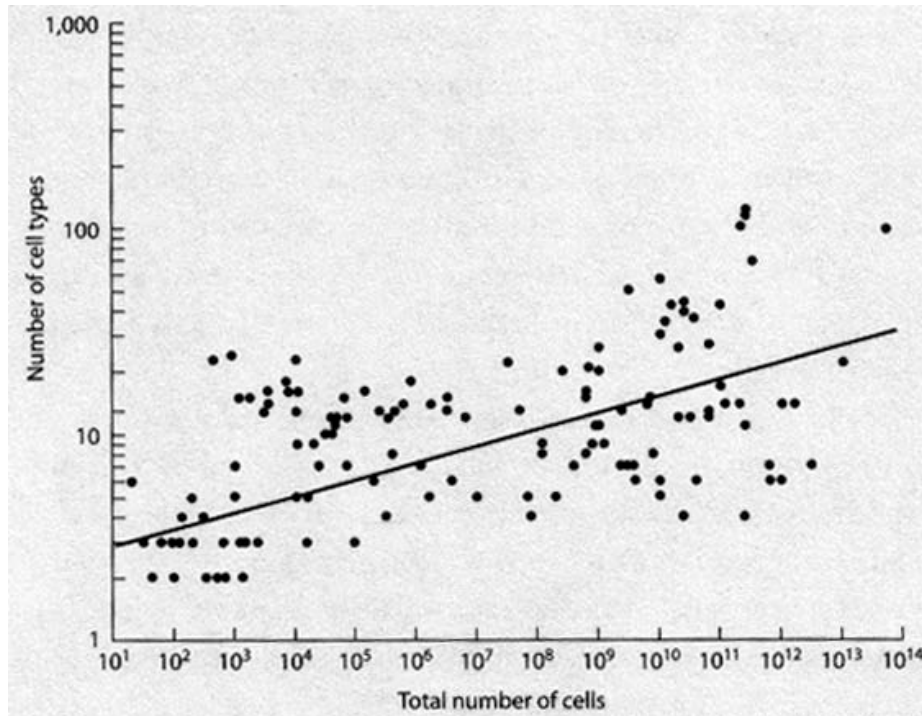
A importância do tamanho em biologia assenta nestas cinco leis de escala

1.5 Leis de escala

As leis de escala são exemplos das leis de potência que vimos em 1.3.

3) Complexidade \sim (Tamanho)^A

4) Abundância \sim (Tamanho)^B



As leis 3 e 4 são leis empíricas aproximadas. Leis de escala revelam ausência de escala característica.

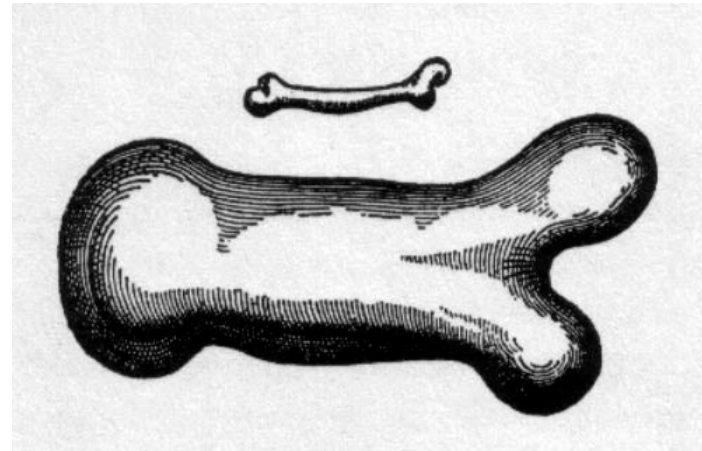
1.5 Leis de escala

Consequências do expoente $2/3$ nas Leis 1 e 2:

1) Superfície \sim (Tamanho) $^{2/3}$ 2) Força \sim (Tamanho) $^{2/3}$

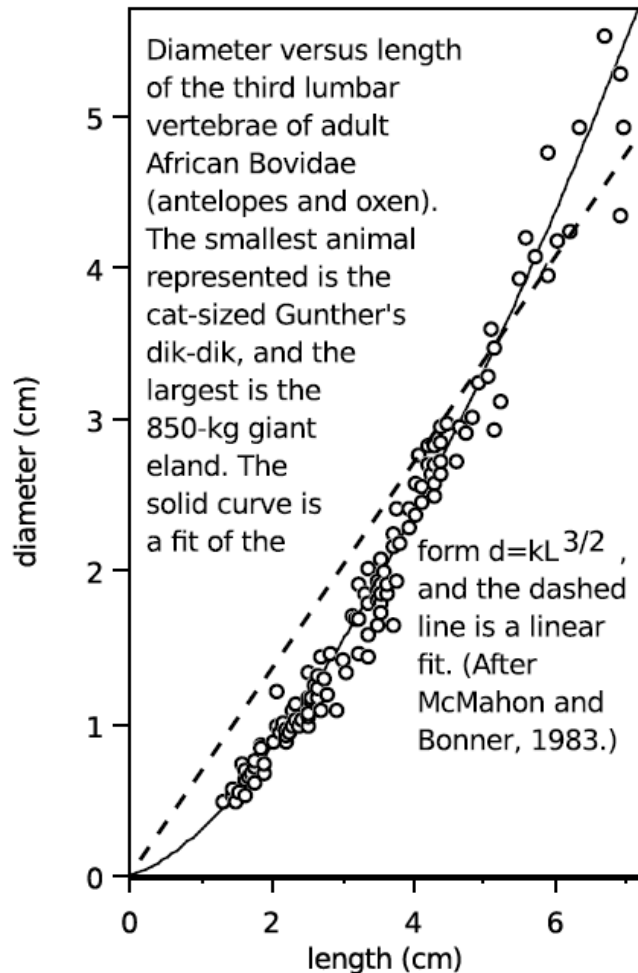
Em estruturas idênticas, a superfície em relação ao tamanho, s , e a força, ou a resistência, relativamente ao peso, f , diminuem ambas com o tamanho: $s, f \sim$ (Tamanho) $^{-1/3}$

Uma célula muito maior do que o tamanho típico de $10 \mu\text{m}$ não é viável.



Organismos de tamanhos diferentes têm que ter arquiteturas diferentes.

1.5 Leis de escala



Hollywood é pródiga em exemplos de uma visão muito ingênua da questão da escala...

Quiz 10– Leis de escala

Uma formiga é capaz de levantar aproximadamente 3 vezes o seu próprio peso, e tem um comprimento linear cerca de 100 vezes menor que um ser humano. Então, uma formiga à escala humana devia ser capaz de levantar X vezes o seu próprio peso, com

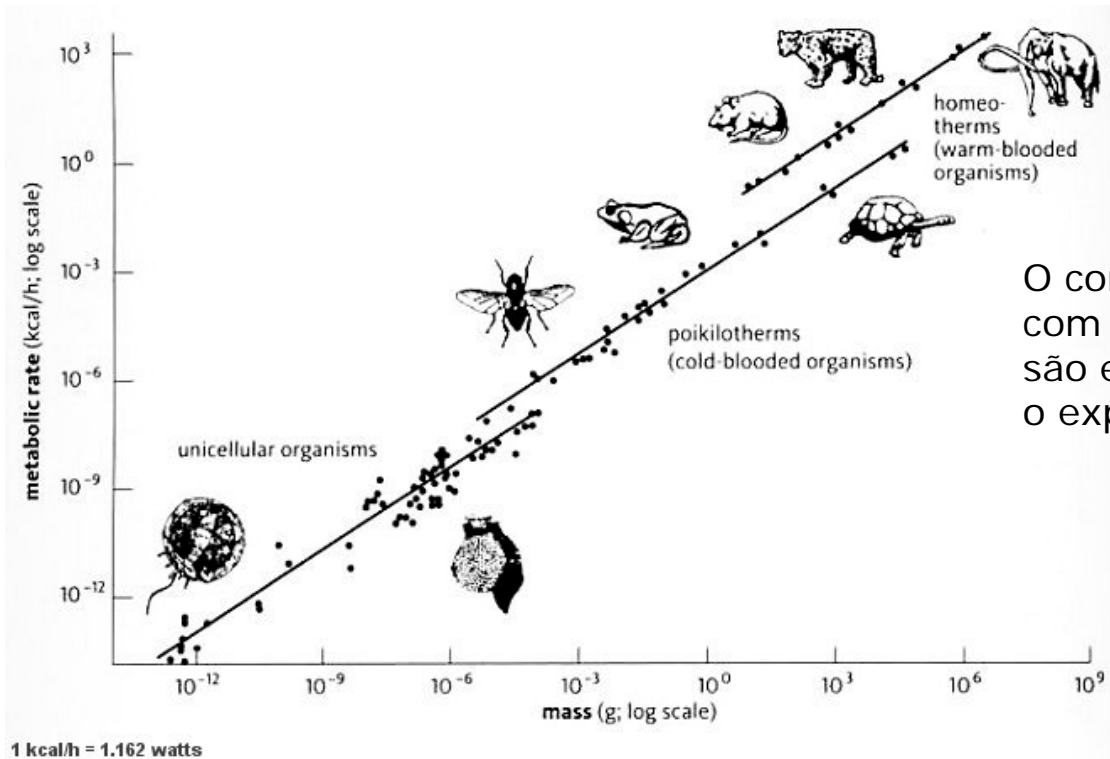
- a) $X=3$ b) $X=300$ c) $X=3/100$ d) $X=1/100$ e) $X = 3/100^2$ f) Outra

Quiz 11 – Leis de escala

Cerca de 70% da superfície da Terra está coberta por água; o planeta Marte não tem água à superfície e o seu raio é cerca de metade do raio da Terra. Qual dos dois planetas tem maior superfície sólida?

1.5 Leis de escala

5) Ritmo metabólico \sim (Tamanho)^{3/4}



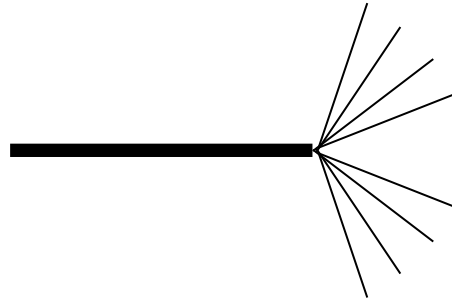
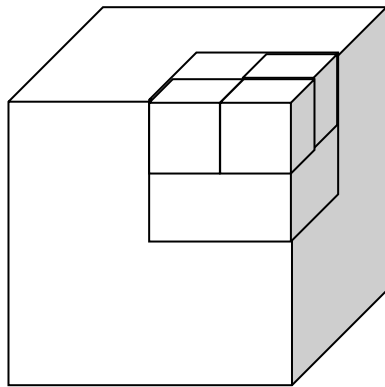
O consumo de energia por célula diminui com o tamanho – organismos maiores são energeticamente mais eficientes. Mas o expoente não é 2/3...

A lei de Kleiber parece a mais exacta das leis de escala biológicas que não são evidentemente geométricas.

1.5 Leis de escala

É possível deduzir a lei de Kleiber a partir de um modelo simples:

- A todas as escalas os organismos dependem do transporte de nutrientes
- Esse transporte dá-se numa rede fractal que 'enche' o espaço
- O tamanho da ramificação mais pequena é um invariante



$$L_a = 2 L_{cap}$$

$$V_a = 16 V_{cap}$$

$$N_c = 8^n = (M/M_0)^k$$

$$V_{total} = 8^n V_{cap} (1 + 2 + \dots + 2^{n-1}) \approx 16^n V_{cap}$$

$$8^n = (16^n)^k, k=3/4$$

$$V_{total} / V_{cap} = M/M_0$$

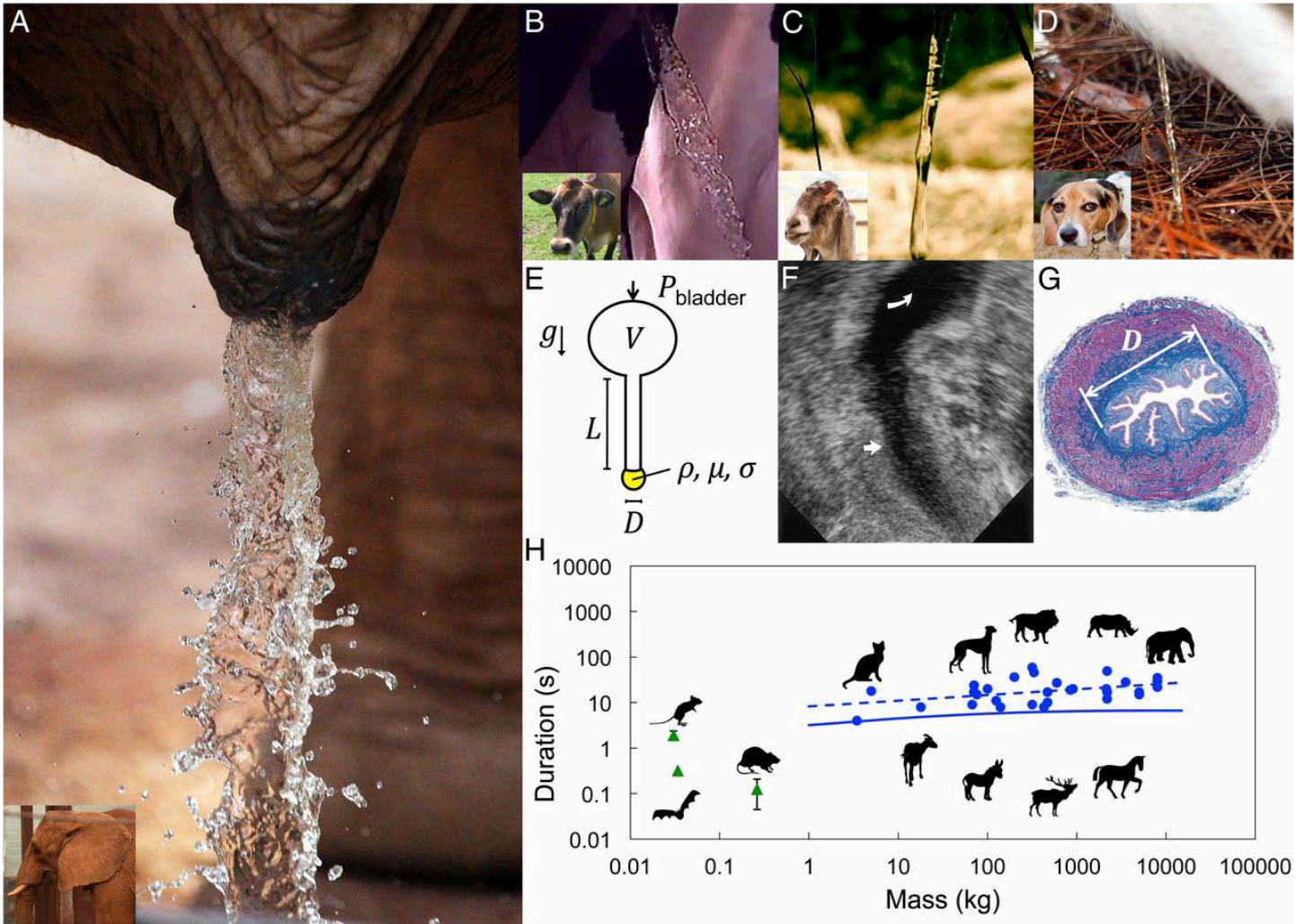
G West, J Brown & B Enquist, Science 276 (1997);
R M Alexander, Energy for animal life, Oxford, 1999.

Quiz 12– Leis de escala

Num artigo recente (P.J. Yang et al., PNAS 111, 11932–11937, 2014, *Ig Nobel Prize, Physics, 2015*) mostra-se que para animais grandes o tempo de micção se mantém constante em cerca de 20 s ao longo de quatro ordens de grandeza da massa corporal M (ver figura). De acordo com este resultado, a velocidade de saída da urina deve escalar como

- a) M b) $M^{1/3}$ c) $M^{2/3}$ d) $M^{4/3}$ e) $M^{3/4}$ f) M^0

Jetting urination by large animals, including (A) elephant, (B) cow, (C) goat, and (D) dog.



Patricia J. Yang et al. PNAS 2014;111:11932-11937